

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

Best Available Copy

(11)Publication number : 10-300379

(43)Date of publication of application : 13.11.1998

(51)Int.Cl.

F28F 1/40  
F25B 39/00

(21)Application number : 09-113926

(71)Applicant : SUMITOMO LIGHT METAL IND LTD

(22)Date of filing : 01.05.1997

(72)Inventor : SASAKI NAOE

KONDO TAKASHI

## (54) HEAT EXCHANGER TUBE HAVING GROOVE IN INTERNAL SURFACE

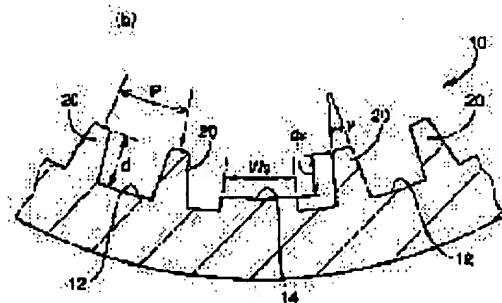
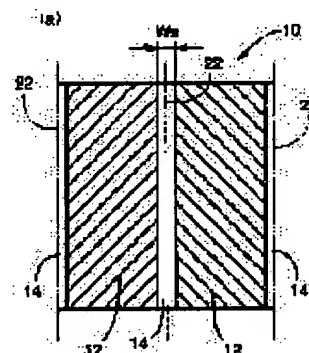
### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To effectively reduce a pressure loss in the tube while improving the heat transfer capability.

**SOLUTION:** In the tube internal surface, two or more virtual border lines 22 extending in the tube axial direction, are provided, and from the virtual border line 22 to both adjacent virtual lines 22 across it, a large number of diagonal grooves 12 are formed, and in the meantime, the diagonal grooves 12 which are formed across the virtual border line 22 on both

sides, are constituted in such a manner that they may tilt in the opposite directions from each other, and also a ratio :  $2d/D$  for a twice of the groove depth : (d) of the diagonal grooves 12 and a tube internal maximum diameter : D is constituted in a manner to become 0.05-0.1. At the same time, on the virtual border line 22, a straight groove 14 extending in the tube axial direction at

a groove depth :  $d_s$  which is shallower than the groove depth : (d) of the diagonal grooves 12 is provided under a state wherein the straight groove 14 communicates with the diagonal grooves 12, and in addition, the value of the relational expression:  $d_s \times W_s \times n / (\pi \times D)$  for the groove depth :  $d_s$  (mm) of the straight groove 14, the groove width :  $W_s$  (mm), and the number of lines : (n), and the tube internal maximum diameter : D (mm), is constituted in a manner to stay within a range of 0.001-0.05.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-300379

(43) 公開日 平成10年(1998)11月13日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

F 2 8 F 1/40

F 2 8 F 1/40

D

F 2 5 B 39/00

F 2 5 B 39/00

Q

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平9-113926

(22) 出願日 平成9年(1997)5月1日

(71) 出願人 000002277

住友軽金属工業株式会社

東京都港区新橋5丁目11番3号

(72) 発明者 佐々木 直榮

東京都港区新橋5丁目11番3号 住友軽金

属工業株式会社内

(72) 発明者 近藤 隆司

東京都港区新橋5丁目11番3号 住友軽金

属工業株式会社内

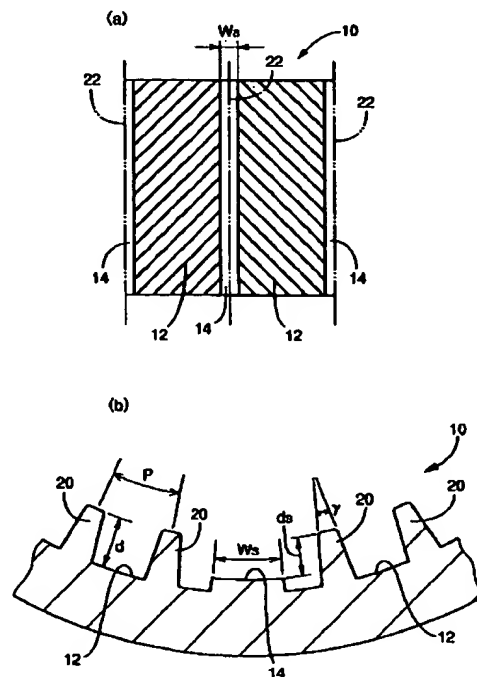
(74) 代理人 弁理士 中島 三千雄 (外2名)

(54) 【発明の名称】 内面溝付伝熱管

(57) 【要約】

【課題】 伝熱性能を向上しつつ、管内圧力損失を効果的に低減することの出来る内面溝付伝熱管を提供すること。

【解決手段】 管内面に、2本以上の管軸方向に延びる仮想境界線22を有し、該仮想境界線22からそれを挟んだ両隣りの仮想境界線22に向かって、多数の傾斜溝12を形成する一方、該仮想境界線22を挟んで形成される両側の傾斜溝12が互いに逆方向に傾斜しているように構成し、且つそれら傾斜溝12の溝深さ：dの2倍と管内最大直径：Dとの比率： $2d/D$ が0.05～0.1となるように構成すると共に、前記仮想境界線22上に、前記傾斜溝12の溝深さ：dよりも浅い溝深さ：dsにおいて、管軸方向に延びるストレート溝14を該傾斜溝12に連通する状態で設け、更に、該ストレート溝14の溝深さ：ds (mm)、溝幅：Ws (mm) 及び条数：n、並びに管内最大直径：D (mm) の関係式： $ds \times Ws \times n / (\pi \times D)$  の値が、0.001～0.05の範囲内となるように構成した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 管内面に、少なくとも2本以上の管軸方向に延びる仮想境界線を有し、該仮想境界線のそれぞれからそれを挟んだ両隣りの仮想境界線に向かって、多数の傾斜溝を、管軸に対して所定の角度を為して傾斜せる形態において形成する一方、該仮想境界線を挟んでそれぞれ形成される両側の傾斜溝が互いに逆方向に傾斜しているように構成し、且つそれら傾斜溝の溝深さ： $d$ の2倍と管内最大直径： $D$ との比率： $2d/D$ が0.05～0.1となるように構成すると共に、前記仮想境界線のそれぞれの上に、前記傾斜溝の溝深さ： $d$ よりも浅い溝深さ： $ds$ において、管軸方向に延びるストレート溝を該傾斜溝に連通する状態で設け、更に、該ストレート溝の溝深さ： $ds$  (mm)、溝幅： $Ws$  (mm)及び条数： $n$ 、並びに管内最大直径： $D$  (mm)の関係式： $ds \times Ws \times n / (\pi \times D)$ の値が、0.001～0.05の範囲内となるように構成したことを特徴とする内面溝付伝熱管。

【請求項2】 前記傾斜溝の溝深さ： $d$ の2倍と前記管内最大直径： $D$ との比率： $2d/D$ が、0.058～0.087の範囲内とされていることを特徴とする請求項1記載の内面溝付伝熱管。

【請求項3】 前記関係式： $ds \times Ws \times n / (\pi \times D)$ の値が、0.005～0.04の範囲内となるように構成されている請求項1又は請求項2記載の内面溝付伝熱管。

【請求項4】 前記仮想境界線の本数が、10本以下の偶数本とされている請求項1乃至請求項3の何れかに記載の内面溝付伝熱管。

【請求項5】 前記傾斜溝の管周方向におけるピッチが0.35～0.50mmの範囲内とされると共に、該傾斜溝の前記管軸に対する傾斜角度が $5^\circ \sim 45^\circ$ の範囲内とされ、且つ隣接する傾斜溝間の部分が、 $10^\circ \sim 35^\circ$ の範囲内の頂角を有する突条として、形成されている請求項1乃至請求項4の何れかに記載の内面溝付伝熱管。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【技術分野】本発明は、冷凍機器や空調機器等に用いられる内面溝付伝熱管に係り、特に、内面溝付伝熱管の伝熱性能を向上せしめると共に、管内圧力損失を大幅に削減することの出来る溝構成に関するものである。

## 【0002】

【背景技術】従来より、冷凍機や空調装置等における蒸発器や凝縮器等の熱交換器にあっては、複数の伝熱管が、それぞれ所定の方向に配管されて、取り付けられており、それら複数の伝熱管内に流通せしめられる伝熱流体と各伝熱管の外面に接触せしめられる伝熱流体との間で、熱交換が行われて、該伝熱管内に導かれる伝熱流体が蒸発乃至は凝縮され得ようになっている。

【0003】そして、一般に、そのような熱交換器に取り付けられる伝熱管としては、管内面に螺旋溝が形成されてなる、所謂内面螺旋溝付管が採用されている。この内面螺旋溝付管にあっては、螺旋溝が形成されていることにより、管内を流通せしめられる伝熱流体の接触面積、即ち伝熱管の伝熱面積が増大せしめられる等して、管内熱伝達率が高められるようになっているのであるが、それだけでは、蒸発性能や凝縮性能の向上が充分に図られ得ず、そのために、期待される程の伝熱促進効果が得られないものであった。

【0004】尤も、かかる内面螺旋溝付管においては、螺旋溝の深さを深くして、隣接する螺旋溝の間に形成される突条（フィン）の高さを高く（ハイフィン化）したり、螺旋溝のピッチを狭くして、該突条の幅（厚さ）を小さく（スリムフィン化）したりすれば、蒸発性能や凝縮性能が、ある程度は、向上され得ることが知られている。しかしながら、そのようなハイフィン化やスリムフィン化には自ずと加工限界があり、また例え、そのような加工限界を越える範囲での加工が可能であっても、ハイフィン化やスリムフィン化が進むにつれて、蒸発性能や凝縮性能の向上の度合いが著しく鈍化してしまうため、そのようなハイフィン化やスリムフィン化によって伝熱促進効果を大幅に増大せしめることは、到底、望み得ないのである。

【0005】一方、実開昭57-183487号公報には、管軸に対して所定の傾斜角度をもって底部から頂部に向かって延びる複数の溝が、該管軸を含む管径方向の一つの仮想面に対して対称となるように、管内面において周方向に連続して形成された、恰も、松葉の如き形状を呈する溝構造（以下、松葉溝という）を有する内面溝付伝熱管（以下、内面松葉溝付伝熱管という）が開示されている。また、かかる公報においては、そのような内面松葉溝付伝熱管が、凝縮器に使用される場合に、管内面で凝縮した、伝熱流体としての冷媒の液滴が、前記複数の溝（松葉溝）内を底部側に向かって下向きに流れるように配置せしめられることによって、かかる冷媒液が、それぞれの溝を伝って伝熱管の底部側に速やかに導かれて、管内面が乾き易くなり、以て凝縮性能が向上せしめられる一方、蒸発器に用いられる場合には、冷媒液が複数の溝内を頂部に向かって上向きに流れるように配置せしめられることによって、冷媒液が、それぞれの溝を伝って伝熱管の頂部側に導かれて、該冷媒液の薄膜化がより有利に図られると共に、管内表面の乾きが抑制されて、充分な有効伝熱面積が確保され、以て蒸発性能が高められることが明らかにされている。

【0006】ところが、本発明者等の研究によれば、そのような内面松葉溝付伝熱管にあっては、従来の内面螺旋溝付管に比して優れた伝熱促進効果が得られるものの、ハイフィン化やスリムフィン化されてなる内面螺旋溝付管と比べると、伝熱促進効果において、さほど違い

がなく、むしろ場合によっては、それよりも劣ることが確認されたのであり、それによって、前記公報に開示される内面松葉溝付伝熱管においても、実用上、十分に満足し得る程の伝熱促進効果が得られないことが、明らかとなったのである。

【0007】しかも、かかる内面松葉溝付伝熱管においては、前述の如く、蒸発器に用いられる場合には、冷媒液が松葉溝内を頂部に向かって上向きに流れるように、また凝縮器に用いられる場合には、冷媒液が松葉溝内を底部側に向かって下向きに流れる状態で、それぞれ配置せしめられるようにすることにより、初めて、蒸発性能と凝縮性能とが共に高められるようになっていくところから、伝熱性能を向上させる上で、松葉溝内での冷媒（伝熱流体）の流通方向が制限されるといった欠点を有していたのである。そして、そのため、蒸発器や凝縮器等の熱交換器を組み立てる際に、管内の松葉溝の傾斜方向を一々確認しながら、各伝熱管の組付作業を進めなければならない、それが、熱交換器の製作性を著しく悪化させていたのである。

【0008】そこで、このような冷媒の如き伝熱流体の流通方向による伝熱性能の制限の解消を図った内面溝付伝熱管として、本発明者等は、先に、特願平8-43004号や特願平8-136194号として、前述の如き構造を有する松葉溝の複数が管内面に形成されてなる伝熱管において、管内最大直径に対して、各松葉溝の溝深さを、特定の範囲内において、従来よりも深くなるように構成した内面溝付伝熱管を、明らかにした。そして、そのような内面溝付伝熱管にあっては、松葉溝の深さを従来よりも深くなるような構成を採用しているところから、伝熱管に対する溝付け加工の加工性を損なうことなく、伝熱性能が大幅に向上され得て、伝熱流体の流通方向に拘らず伝熱性能が向上せしめられ得るのである。

【0009】しかしながら、本発明者等が更に検討を加えたところ、そのような内面松葉溝付伝熱管にあっては、蒸発時や凝縮時において、優れた伝熱性能を発揮するものではあるが、また、その管内面に設けられた松葉溝構造の故に、流通せしめられる伝熱流体に対する抵抗が大きくなり、それによって管内圧力損失、特に蒸発時の管内圧力損失の増大が著しくなり、それが実用化への課題となることが明らかとなったのである。

【0010】

【解決課題】ここにおいて、本発明は、かかる事情を背景にして為されたものであって、その解決課題とするところは、伝熱性能を向上しつつ、管内圧力損失を効果的に低減することの出来る内面溝付伝熱管を提供することにある、特に、蒸発時の管内圧力損失を効果的に低減すると共に、従来の螺旋溝を有する内面溝付管よりも、充分な伝熱促進効果を有する内面溝付伝熱管を提供することにある。

【0011】

【解決手段】そして、本発明者等は、そのような課題を解決するために種々の検討を重ねた結果、前述の如き、松葉溝の溝深さが特定の深さとされる内面溝付伝熱管において、管軸方向に延びる仮想境界線上に、所定幅のストレート溝を設けることにより、管内圧力損失の増大を効果的に抑制することが出来、また、充分な伝熱促進を実現することが出来ることを見出したのである。

【0012】すなわち、本発明は、かかる知見に基づいて完成されたものであって、その特徴とするところは、管内面に、少なくとも2本以上の管軸方向に延びる仮想境界線を有し、該仮想境界線のそれぞれからそれを挟んだ両隣りの仮想境界線に向かって、多数の傾斜溝を、管軸に対して所定の角度を為して傾斜せる形態において形成する一方、該仮想境界線を挟んでそれぞれ形成される両側の傾斜溝が互いに逆方向に傾斜しているように構成し、且つそれら傾斜溝の溝深さ：dの2倍と管内最大直径：Dとの比率： $2d/D$ が0.05～0.1となるように構成すると共に、前記仮想境界線のそれぞれの上に、前記傾斜溝の溝深さ：dよりも浅い溝深さ：dsにおいて、管軸方向に延びるストレート溝を該傾斜溝に連通する状態で設け、更に、該ストレート溝の溝深さ：ds（mm）、溝幅：Ws（mm）及び条数：n、並びに管内最大直径：D（mm）の関係式： $ds \times Ws \times n / (\pi \times D)$ の値が、0.001～0.05の範囲内となるように構成してなる内面溝付伝熱管にある。

【0013】要するに、本発明に従う内面溝付伝熱管は、上記のような傾斜溝に対して、ストレート溝を組み合わせてなる溝構成、つまり、先に本発明者らが提案した内面溝付伝熱管において、傾斜溝を区画する管軸方向に延びる仮想境界線に沿って、その上に、所定の連続したストレート溝を付与したものであり、そのために、液冷媒の如き伝熱流体が集中し易い仮想境界線部では、衝突した流体がストレート溝に沿って下流側に流れ易く、また分散し易い仮想境界線部では、分散する流体をストレート溝に沿ってスムーズに供給することが可能となるのであり、このために、管内圧力損失は著しく低減するようになるのである。即ち、この仮想境界線に沿った管軸方向のストレート溝は、流液溝としての働きを為し、特に冷媒の如き伝熱流体が衝突するような箇所において、管内圧力損失低減効果が著しくなるものと考えられ、また、この流液溝に沿った流れと傾斜溝のV字構造配設端部に導かれる流れとの衝突による攪乱効果も、発揮されるのである。

【0014】しかも、そのようなストレート溝は、その溝深さ：dsが、傾斜溝の溝深さ：dよりも浅くなるように形成されているところから、それらストレート溝と傾斜溝との境界に段差が生じることとなり、そしてその段差に伝熱流体が衝突するために、そのようなストレート溝を形成しない場合と同様な伝熱流体の衝突、飛散の効果も得られ、以て伝熱性能の向上効果を有効に確保す

ることが出来るのである。なお、そのようなストレート溝の溝深さ： $ds$ と傾斜溝の溝深さ： $d$ とを同じ深さとした場合には、伝熱促進メカニズムである伝熱流体の衝突、飛散の効果が、ストレート溝に沿った流れにて弱められてしまうようになる。

【0015】なお、かかる本発明に従う内面溝付伝熱管にあっては、互いに逆の傾斜形態の2種の傾斜溝からなる組合せにて、松葉溝形態の内面溝付管として構成されているところから、管内面には、伝熱流体が集中し易い仮想境界線部分と伝熱流体が分散し易い仮想境界線とが形成され、以て蒸発伝熱性能及び凝縮伝熱性能が、共に、効果的に向上せしめられ得ることは、言うまでもない。

【0016】すなわち、蒸発時には、伝熱流体が集中し易い領域では、従来の内面螺旋溝付伝熱管には見られないような、伝熱流体、例えば液冷媒同士の衝突が生じ、この衝突により、液冷媒の攪乱が促進され、それに伴って伝熱性能が促進されることとなるのである。そして、衝突後の液冷媒は、衝突エネルギーにより飛散して、傾斜溝に沿って頂部方向へ向かう上向きの流れとなった場合には伝熱管の下面に落下し、また、傾斜溝に沿って頂部から底部へ向かう下向きの流れとなった場合には気相に巻き上げられることとなるが、この際に、飛散した液冷媒が冷媒蒸気をも攪乱することとなり、以てより一層の伝熱促進効果が得られるのである。また、伝熱流体としての液冷媒が分散し易い部分では、供給された液冷媒が薄い膜として環状に形成され易いために、液冷媒の膜の厚みによる伝熱阻害現象の発生が有利に低減されることとなる。更に、これらの現象は、冷媒液の流通方向に沿って、十分に短い周期で繰り返されるところから、従来の内面螺旋溝付伝熱管と比べて、液冷媒の大きな攪乱効果が有利に得られて、優れた伝熱性能が発揮されるのである。

【0017】一方、凝縮時には、伝熱流体が分散され易い部分から、伝熱流体の流通方向に沿って下り勾配を有する傾斜溝によって、凝縮した伝熱流体、例えば液冷媒を効果的に排除することによって、管内表面への新生面の露出が促進されることとなり、顕著な伝熱促進作用が発揮され得るのである。また、排除された液冷媒は、隣り合う上り勾配を有する溝に沿った液冷媒の流れと衝突することとなるところから、そのように液冷媒同士の衝突によって飛沫となった液冷媒が気相をも攪乱することとなり、凝縮がより一層促進されて、優れた伝熱性能が発揮され得るのである。

【0018】加えて、本発明に従う内面溝付伝熱管にあっては、管内最大直径： $D$ に対する傾斜溝の溝深さ： $d$ の2倍の比： $2d/D$ が0.05～0.1の範囲内となるように形成されて、管内最大直径に対する各傾斜溝の溝深さが、特定の範囲内で、従来よりも深くなるように構成されているところから、溝付け加工の加工性を損な

うことなく、蒸発性能と凝縮性能とが、何れも、効果的に高められ得るという長所も有しているのである。

【0019】なお、かくの如き本発明に従う内面溝付伝熱管の好ましい態様によれば、前記した傾斜溝の溝深さ： $d$ の2倍と前記管内最大直径： $D$ との比率： $2d/D$ は、0.058～0.087の範囲内とされることとなる。特に、このような範囲内の前記比率を有する内面溝付伝熱管においては、その蒸発性能と凝縮性能とが、より一層向上せしめられ得るのである。

【0020】また、かかる本発明の好ましい態様の他の一つによれば、管軸方向のストレート溝の溝深さ： $ds$ 、溝幅： $Ws$ 及び条数（本数）： $n$ 、並びに管内最大直径： $D$ に関して、それらの関係式： $ds \times Ws \times n / (\pi \times D)$ の値が、0.005～0.04の範囲内となるように構成され、これによって、本発明の目的が、より一層有利に達成され得ることとなる。

【0021】さらに、本発明に従う内面溝付伝熱管の別の好ましい態様によれば、前記仮想境界線の本数は、10本以下の偶数本とされ、そのような構成を採用することによって、優れた伝熱性能を保ちつつ、より一層安定な伝熱性能が発揮され得るのである。

【0022】更にまた、本発明に従う内面溝付伝熱管にあっては、有利には、前記傾斜溝の管周方向におけるピッチが0.35～0.50mmの範囲内とされると共に、該傾斜溝の前記管軸に対する傾斜角度が5～45°の範囲内とされ、且つ隣接する傾斜溝間の部分が10～35°の範囲内の頂角を有する突条として、形成される。これによって、伝熱管の伝熱性能が更に一段と高められ得て、より一層大きな伝熱促進効果が得られるのである。

【0023】

【発明の実施の形態】ところで、図1～図3には、本発明に従う構造とされた内面溝付伝熱管10の一具体例が示されている。この内面溝付伝熱管10は、全体として、円形断面の直管形状を呈しており、その外周面が平滑面とされている一方、内周面には、多数の傾斜溝12と2本のストレート溝14が設けられている。

【0024】より具体的には、それらの図、特に図1(b)からも明らかなように、内周面に設けられる多数の傾斜溝12は、横断面（管軸に対して垂直な断面）が底部に向かうに従って狭幅となる台形形状をもって構成されている。また、図2に示される如く、かかる多数の傾斜溝12にあっては、伝熱管10の管軸を含む管径方向の一つの仮想面16にて二分される管内面の二つの半面、即ち、左側半面18aと右側半面18bとに對して、それぞれ、全体として周方向に連続し、且つ管軸方向に互いに所定間隔をおいて隣接する傾斜溝12、12間に、突条20を形成しつつ、設けられていると共に、それら左側半面18aと右側半面18bとにおいて、管軸に対して所定の傾斜角度： $\theta$ を為す2種の傾斜溝1

2、12が、互いに逆方向に傾斜して設けられている。更に、管軸方向に延びる2本の仮想境界線22、22が、仮想面16の面内に存在して、図2に示される断面における上下の管内面部位に位置せしめられている。

【0025】そして、各傾斜溝12は、図1や図2より明らかな如く、一方の仮想境界線22から他方の仮想境界線22に至るように設けられていると共に、それら2本の仮想境界線22、22上に、所定の溝幅：Wsをもって、管軸方向に延びるストレート溝14が、傾斜溝12の溝深さ：dよりも浅い溝深さ：dsにおいて、それぞれ、形成されている。更に、図3からも明かなように、各傾斜溝12は、それぞれの仮想境界線部位において、全体としてV字状若しくは逆V字状の折曲点を形成するようになっている。要するに、それら多数の傾斜溝12は、ストレート溝14を挟んで、その両側において互いに逆方向に傾斜せしめられて、互いに独立した閉流路形態を呈していると共に、かかるストレート溝14に対して、それぞれ連通せしめられるようになっているのであり、そのような互いに逆方向に傾斜せる傾斜溝12を組み合わせたことによって、全体として松葉型形状を呈する溝構造が形成されているのである。

【0026】また、特に、そのような松葉溝構造を呈する、傾斜方向が逆の、2種の傾斜溝12が形成されてなる内面溝付伝熱管10にあっては、管内最大直径：Dに対する傾斜溝12の溝深さ：dの2倍の比： $2d/D$ の値が0.05～0.1の範囲内とされているのであり、この点において、従来の内面松葉溝付管とは、その構成が著しく異なっており、そして、そのような構成を有していることによって、従来の伝熱管には見られない優れた特徴が有利に発揮され得るようになっているのである。即ち、かかる $2d/D$ 値が0.05以上となるように規定されていることによって、傾斜溝12が、従来の伝熱管に形成される松葉溝よりも深い溝深さをもって構成され、以て蒸発性能と凝縮性能とが、何れも、効果的に高められ得るようになっているのであり、また、 $2d/D$ 値が0.1以下に制限されていることによって、そのような傾斜溝12が、伝熱管10の管内面における左側半面18aと右側半面18bとに対して、良好な加工性をもって、容易に形成され得るようになっているのである。

【0027】なお、かかる内面溝付伝熱管10にあっては、特に、 $2d/D$ 値が、0.058～0.087の範囲内となるように構成されることが望ましい。なぜなら、 $2d/D$ 値が、そのような特定の範囲内とされていることによって、伝熱性能の向上がより一層図られ得るからであり、またそれによって、傾斜溝12内での冷媒液や冷媒蒸気の流通方向に関係なく、従来の伝熱管よりも優れた伝熱性能が有利に発揮され得ることとなるからである。ところで、添付の図面においては、傾斜溝12の形状を強調するために、かかる傾斜溝12が伝熱管1

0全体の拡大率よりも大きな拡大率をもって描かれており、そのために、管内最大直径に対する傾斜溝12の溝深さの比： $2d/D$ が、それらの図面上において、本発明に規定されるよりも大きくなっていることが理解されるべきであり、また、後述する関係式の場合にあっては同様である。

【0028】さらに、上述せる如き内面溝付伝熱管10において、各仮想境界線22上に設けられる、管軸方向に延びるストレート溝14は、傾斜溝12の溝深さ：dよりも浅い溝深さ：dsにおいて、好ましくは $ds = 0.5d \sim 0.9d$ となるように形成され、これによって、伝熱流体の衝突、飛散による伝熱促進作用を確保しつつ、かかるストレート溝14による圧力損失低減効果を有利に発揮せしめるようになっている。

【0029】すなわち、図4及び図5に示される伝熱流体（冷媒）流れの概略図から明らかな如く、傾斜溝12よりも溝深さの浅いストレート溝14が設けられた伝熱管10にあっては、図4（a）及び図5（a）より明かなように、矢印にて示される冷媒流れに関して、傾斜溝12にて導かれるものは、ストレート溝14との間に存在する段差に衝突し、上向き（管軸に向かう）方向に変化して、飛散し、それによる攪乱作用が発揮せしめられることとなり、以てストレート溝14を形成しない場合と同様な衝突、飛散に基づくところの伝熱性能の向上効果が得られるのである。これに対して、図4（b）や図5（b）に示されるように、ストレート溝14'の溝深さを傾斜溝12'の溝深さに等しくした場合にあっては、傾斜溝12'に沿って導かれる冷媒流れは、ストレート溝14'に沿う冷媒流れにスムーズに合流し、伝熱促進メカニズムである冷媒の衝突、飛散作用が弱められてしまい、互いに逆方向の傾斜溝を組み合わせた松葉溝構造において期待される伝熱促進効果を十分に発揮し得ないのである。

【0030】加えて、かかる内面溝付伝熱管10にあっては、ストレート溝14の溝深さ：ds（mm）、その溝幅：Ws（mm）及びその条数（本数）：n、並びに管内最大直径：D（mm）が、それらの関係式： $ds \times Ws \times n / (\pi \times D)$ の値において、0.001～0.05の範囲内となるように構成されている。けだし、そのような関係式の値が、0.001よりも小さくなると、ストレート溝14を設けたことによる圧力損失低減効果が少なくなるからであり、また0.05よりも大きくなると、そのような圧力損失低減効果は過大となるのであり、また伝熱面積の削減により、充分な伝熱促進効果が得られなくなるからである。特に、そのような関係式： $ds \times Ws \times n / (\pi \times D)$ の値が、0.005～0.04の範囲内となるように構成することによって、本発明の目的は、より一層有利に達成され得るのである。

【0031】ところで、本具体例では、上述の如き特徴

的な溝構造において、傾斜溝12の横断面形状が台形形状とされていたが、そのような傾斜溝12の断面形状は、何等、これに限定されるものではなく、V字形状等、従来の螺旋溝構造や松葉溝構造に採用されている各種の形状が、何れも採用されるものであることは、言うまでもないところである。

【0032】また、かかる傾斜溝12の管周方向におけるピッチ〔図1(b)において、Pにて示される寸法〕も、特に限定されるものではないものの、0.35～0.50mm程度とされていることが望ましい。ただし、かかるピッチ:Pが、0.35mmよりも小さいと、傾斜溝12の溝幅(開口幅)が小さくなり過ぎて、凝縮器に用いられる場合において、傾斜溝12が、伝熱流体たる冷媒の凝縮液によって液没し易くなり、それによって、凝縮性能の向上が期待され得なくなるからであり、また、0.50mmよりも大きなピッチとなると、伝熱管10の管内面における単位面積当たりの傾斜溝12の形成数が少なくなり、多数の傾斜溝12の形成によって得られる、伝熱流体の管内面に対する接触面積、即ち伝熱管10の伝熱面積の増大効果が低減し、以て顕著な蒸発性能の促進が為され得なくなるからである。

【0033】さらに、かかる傾斜溝12の管軸に対する傾斜角度(図2において、 $\theta$ にて示される角度)は、冷媒液や冷媒蒸気等の伝熱流体の流速、即ち管内における伝熱流体の滞留時間等を考慮した上で、適宜に決定されるものであるが、ここでは、かかる傾斜角度: $\theta$ が、有利には、5～45°程度とされる。この傾斜角度: $\theta$ が5°よりも小さくなると、冷媒の衝突・飛散または脱落の周期が長くなるために、液相及び気相の攪乱効果が充分に得られないからであり、また45°よりも大きくなると、冷媒が管頂部まで導かれ難くなり、圧力損失の増大が著しくなるからである。

【0034】更にまた、隣接する傾斜溝12、12間に形成される突条20の頂角(図1において、 $\gamma$ にて示される角度)、即ち、隣接する二つの傾斜溝12、12における四つの側壁部のうち、互いに隣合う二つの側壁部のなす角度に関して、その大きさは、10～35°の範囲内とされていることが、望ましい。ただし、かかる頂角: $\gamma$ の大きさが10°よりも小さい突条20を形成すること、換言すれば、そのような突条20を間に挟むようにして、多数の傾斜溝12を管内面に溝付け加工することは、極めて困難であるばかりでなく、例えそれが加工され得ても、複数の伝熱管10を一体的に組み付けて、熱交換器を組み立てる際の伝熱管10に対する拡張操作時において、突条20が潰れて、傾斜溝12の深さが浅くなったり、或いは傾斜溝12の開口部が閉塞したりする恐れがあるからである。また、頂角: $\gamma$ の大きさが35°よりも大きい場合には、管内面の単位面積当たりの傾斜溝12の形成数が少なくなり、伝熱管10の伝熱面積が減少すると共に、凝縮時における伝熱流体の凝縮

液の保持容積が小さくなり、それによって、伝熱性能の向上が望み難くなるからである。

【0035】なお、上記した具体例に係る内面溝付伝熱管にあっては、管軸に関して対称的な2本の仮想境界線22、22によって区画された管内面部位(二つの半面)に、互いに逆方向に傾斜する2種の傾斜溝12、12が対称的に形成されてなる構造とされているのであるが、このように管内面を区画する管軸方向に延びる仮想境界線22の本数としては、2～10の範囲内の偶数本とされることが好ましい。仮想境界線の本数が、10本を越えるようになると、隣合う傾斜溝12、12の交叉部での冷媒の衝突、飛散効果が小さくなり、所定の伝熱促進効果が得られ難くなるからである。また、それら仮想境界線22(ストレート溝14)は、等間隔に設けられるばかりでなく、管周方向において異なる間隔で設けられていても何等差支えない。

【0036】そして、そのような本数の仮想境界線にて区画される管内面部位、換言すれば傾斜溝形成部に形成される傾斜溝12は、前述した溝深さ(d)、溝リード角( $\theta$ )、突状の頂角( $\gamma$ )、管軸方向の単位長さにおける溝数(溝間隔)、溝幅等を、それぞれの区画面において変化させた種々な形態において、構成され得るものであり、そのような種々な形態の溝構造の具体例の幾つかが、図6及び図7に示されている。なお、それらの図においては、種々な溝構造を有する、本発明に従う各種内面溝付伝熱管10を、それぞれ、展開して、管内面の溝12の形態が模式的に表されている。

【0037】それらの図において、図6に示される例にあっては、管内面においてストレート溝14上に位置する管中心軸に対して平行に引いた多数(ここでは6本)の仮想境界線部分から、それぞれ、両側に隣合う仮想境界線部分に向かって多数の傾斜溝12が、非対称(d、 $\theta$ 、 $\gamma$ 、傾斜溝の数、傾斜溝の形成部幅が非対称)に形成されており、(a)の例にあっては、d、 $\theta$ 、 $\gamma$ 、溝数等が異なる傾斜溝形成部を交互に並べた例を示し、また(b)は、傾斜溝12の形成部の幅を周方向において交互に変化させたものであり、更に、(c)は、d、 $\theta$ 、 $\gamma$ 、溝数等が異なる傾斜溝12を交互に組み合わせる例を示しており、更にまた、(d)は、前記(a)の例における傾斜溝12の形成部の幅を管周方向において交互に変化させた例を示している。これら傾斜溝12の形成パターンの異なる内面溝付伝熱管10の基本的な作用・効果は、前述した具体例のものとは異なるものではないが、更に、傾斜溝12を非対称に形成することにより、次のような効果をも享受することが出来るのである。即ち、傾斜溝12の変曲点を為す仮想境界線で区画される左右二つの領域における傾斜溝12の溝深さ

(d)、リード角( $\theta$ )、突部頂角( $\gamma$ )、溝数、溝形成部幅等が、それぞれ、異なるため、傾斜溝12、12間を流れる液膜の流速及び液膜厚さ等にも差が生じ、対



11

称に傾斜溝12を形成した場合に比べて、力学的なエネルギーのバランスが大きく崩れることとなり、これによって伝熱流体たる冷媒液（液相）及び冷媒蒸気（気相）の攪乱効果が一層促進され、伝熱性能もそれに伴って向上するようになるのである。

【0038】また、図7の(a)～(d)は、上記図6に示される例の何れもが、仮想境界線（ストレート溝14）を間にして、その両側に互いに逆方向の傾斜溝12を設けたものであるのに対して、隣合う仮想境界線（ストレート溝14）の中間にも、かかるストレート溝14と同様な、管軸方向に延びる軸方向溝24を設けてなる内面溝付伝熱管10を示すものであって、詳しくは、

(a)の例では、全ての仮想境界線（ストレート溝14）間に軸方向溝24が設けられており、また、(b)の例では、そのような軸方向溝24の設けられていない傾斜溝形成領域と軸方向溝24の設けられていない傾斜溝形成領域とが、交互に形成されてなるものであり、更に(c)や(d)に示される例にあっては、3本の仮想境界線（ストレート溝14）にて挟まれる、傾斜方向が互いに逆の2つの傾斜溝形成領域に対して、それぞれ、軸方向溝24が設けられている。このように、仮想境界線に沿ったストレート溝14の他に、隣合う仮想境界線（ストレート溝14）間の任意の位置に、かかるストレート溝14と同様な軸方向溝24を設けることによって、より大きな圧力損失低減効果を得ることが出来るのである。

【0039】そして、前記の如き構造とされた内面溝付伝熱管10にあっては、その複数本が、従来の内面松葉溝付伝熱管と同様に、予めプレス成形されたフィンストックに対して、並列形態をもって水平に配管された状態で、拡張装着されて、一体的に組み付けられ、それによって、凝縮器や蒸発器等の熱交換器が構成されるようになっている。

【0040】なお、本発明に従う内面溝付伝熱管10は、傾斜溝12内での冷媒液や冷媒蒸気等の伝熱流体の流通方向に関係なく、優れた伝熱性能が発揮され得るものであるところから、上記の如くして、本発明に従う内面溝付伝熱管10の複数本を組み付けて熱交換器を構成するに際しては、各伝熱管10を、各伝熱管10の傾斜溝12内を伝熱流体たる冷媒液や冷媒蒸気が任意の方向に流れるように配置せしめても、換言すれば、各伝熱管10を、その溝方向を考慮することなしに、無作為に配置しても、構成される熱交換器において、従来装置よりも優れた伝熱性能が有利に発揮され得るのである。従って、本発明に従う内面溝付伝熱管10を用いれば、優れた伝熱性能は勿論、良好な製作性を有する熱交換器が有利に得られることとなり、しかも得られる熱交換器の伝熱性能は安定したものとなるのである。

【0041】ところで、上述の如き特徴的な傾斜溝12やストレート溝14を設けてなる内面溝付伝熱管10

12

は、有利には、図8に示される如き圧延加工・造管装置30を用いて、以下の如くして作製されることとなる。

【0042】即ち、図8からも明らかなように、先ず、銅又は銅合金からなる、伝熱管素材としての帯板32を、圧延加工・造管装置30の入口側に配設された一对のガイドロール34の間に挟んだ状態で、図示しない駆動ロールにより、長さ方向の一方向（図8中、矢印方向）に連続的に移動せしめる。そして、該装置30において、帯板32の移動方向前方側に配置された圧延ロール36と支持ロール38との間で、該帯板32を挟み、且つ所定の圧力にて押圧して、圧延加工せしめる。なお、この圧延ロール36の外周面には、目的とする伝熱管10の管内面に形成される傾斜溝12に対応する突条が多数形成され、更に、ストレート溝14、軸方向溝24に対応する突条が形成されている。これによって、かかる圧延ロール36による圧延加工時において、帯板32の一方の面上に、多数の傾斜溝12や所定本数のストレート溝14、更には軸方向溝24を、目的とする伝熱管10の管内面を展開した形態をもって、形成するのである。

【0043】次いで、圧延ロール36よりも帯板32の移動方向前方側に配置された9対の成形ロール40、42、44、46、48、50、52、54、56によって、かかる帯板32を、上述の如くして傾斜溝12やストレート溝14等が形成された面を内側にして、管状に成形した後、一对のシームガイドロール57、57にて更に前方側に導き、そしてその後、かかる成形により互に対向位置せしめられた帯板32の幅方向両端縁部同士を高周波誘導コイル58にて高周波誘導溶接し、以て連続する一本の管体60を成形する。

【0044】さらに、その後、かかる管体60を、一对のスクイズロール62により、横断面が略真円形状となるように、形状を整えた後、必要に応じて、所定の長さにて切断する。かくして、管内面に、前述の如き特徴的な構成を有する傾斜溝12やストレート溝14等が多数形成されてなる内面溝付伝熱管10が作製され得るのである。

【0045】

【実施例】以下に、本発明の幾つかの実施例を示し、本発明を更に具体的に明らかにすることとするが、本発明が、そのような実施例の記載によって、何等の制約をも受けるものでないことは、言うまでもないところである。また、本発明には、以下の実施例の他にも、更には上記の具体的記述以外にも、本発明の趣旨を逸脱しない限りにおいて、当業者の知識に基づいて種々なる変更、修正、改良等を加え得るものであることが、理解されるべきである。

【0046】先ず、本発明例として、図1～図3に示される如き、2本の仮想境界線22を有すると共に、各仮想境界線の両側に互いに逆方向の傾斜溝12が設けら

10

20

30

40

50



れ、且つ各仮想境界線上にストレート溝14が設けられてなる内面溝付伝熱管10を、下記表1に示される寸法諸元において、図8に示される如き装置にて、銅条を溝付け圧延した後にロールフォーミングすることによって、円筒状に加工し、そしてその突き合わせ部を溶接することによって、準備した。また、比較のために、仮想境界線部位にストレート溝が設けられておらず、その仮想境界線部位において、互いに逆方向に傾斜する両側の\*

\* 傾斜溝が、V字形状をもって連結されてなる構造の内面溝付伝熱管を、比較例として準備した。なお、下記表1において、条数は1周当たりの傾斜溝12の条数、即ち、管軸に垂直な断面において、その端面に形成される傾斜溝12の数を示し、また仮想境界線の本数は仮想的に分割された管内面の境界線の本数を示している。

【0047】

【表1】

		伝 熱 管	
		本発明例	比較例
諸 元	外径 (mm)	8.0	8.0
	底肉厚 (mm)	0.30	0.30
	D (mm)	7.70	7.70
	d (mm)	0.25	0.25
	$r$ (mm)	3.0	3.0
	$\theta$ (°)	18	18
	条数 (条/周)	60	58
	$2d/D$	0.078	0.047
	$d_s$ (mm)	0.20	—
	$W_s$ (mm)	1.0	—
	$d_s/W_s$	0.20	—
	仮想境界線 (本/周)	2	2

【0048】次いで、この準備された本発明例と比較例に係る内面溝付伝熱管を用いて、それを、図9(a)にて示される如き伝熱性能試験装置のテストセクションに対して、単管で組み付けて、下記表2に示される如き試験条件により、蒸発性能試験及び凝縮性能試験を行なった。なお、伝熱性能試験装置のテストセクションへの各伝熱管の配置方向は、蒸発時には、図9(b)の如く、矢印にて示される伝熱流体(冷媒)流入方向に対して、傾斜溝が前上がりとなるようにすると共に、凝縮時には※

※流入方向を、蒸発時の逆方向とし、凝縮性能試験と蒸発性能試験とにおける試験区間長さを、4mとした。また、伝熱流体としては、冷媒のフロン(R22)を用い、更に冷媒質量速度には、実機運転条件と略等しい冷媒質量速度として、 $250\text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ の条件を採用した。

【0049】

【表2】

試験 種類	管内流体 (冷媒: R22)						環状部流体 (水)	
	圧力(MPa)*		温 度 (°C)				流 量 (L/h)	温 度 (°C)
	入口	出口	飽和 温度	過熱度	過冷 却度	膨張弁前 温度		
蒸発	—	0.43	2	5	—	3.9	580	5~15
凝縮	1.84	—	5.0	4.0	5	—	580	35~50

\* : ゲージ圧力 (1MPa=10.1978kgf/cm<sup>2</sup>)

【0050】そして、このような伝熱性能測定実験にて得られた結果に基づき、現状の量産されている内面螺旋溝付伝熱管の管内熱伝達率及び管内圧力損失を、それぞれ、1として、相対的な比較を行ない、本発明例及び比較例に係る伝熱管について、その管内熱伝達比—管内圧力損失比の結果を、図10に示すが、この図10から明らかな如く、本発明例に係る伝熱管の蒸発時の場合には、比較例の伝熱管と同等の伝熱性能を保ちながら、10%程度の圧力損失低減効果が得られているのである。一方、凝縮時の場合には、比較例の伝熱管に比べて、本発明例に係る伝熱管は、20%近く伝熱促進されるだけでなく、20%近い圧力損失低減効果も得られているのである。

【0051】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明に従う内面溝付伝熱管にあっては、仮想境界線部位の両側に形成される傾斜溝が、互いに逆方向に傾斜して形成されていることによって、伝熱流体の流通方向に拘らず、優れた伝熱性能が発揮され得るのであり、しかも、そのような仮想境界線に沿って軸方向に延びるストレート溝が設けられていることによって、かかる優れた伝熱促進効果を十分に保持しつつ、管内圧力損失の増大を効果的に抑制し得たものであり、これによって、この種の内面溝付伝熱管の実用化に著しく寄与し得たところに、本発明の大きな技術的意義が存するのである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従う構造とされた内面溝付伝熱管の一例を示す説明図であって、(a)は、そのような伝熱管を展開して管内面を示す説明図であり、(b)は、管軸に垂直な横断面における要部拡大端面説明図である。

【図2】図1に示される内面溝付伝熱管の垂直方向の縦断面を示す要部拡大断面説明図であって、(a)は、その左半断面を、また(b)は、その右半断面を、それぞれ示す。

【図3】図1に示される内面溝付伝熱管の水平方向の縦断面を示す要部拡大断面説明図であって、(a)は、その上半断面を、また(b)は、その下半断面を、それぞれ

\*れ示す。

【図4】伝熱管内面における冷媒流れを示す概略図であって、(a)及び(b)は、それぞれ、 $ds < d$ 及び $ds = d$ の場合における管内面展開図と仮想境界線部位の断面を拡大して示す説明図である。

【図5】図4と同様な冷媒流れを示す拡大概略図であって、(a)及び(b)は、それぞれ、 $ds < d$ 及び $ds = d$ の場合におけるストレート溝近傍の冷媒流れを示す斜視説明図である。

【図6】本発明に従う内面溝付伝熱管の各種内面を示す展開図であって、(a)～(d)は、それぞれ、管内面上に形成されている傾斜溝の異なるパターンを模式的に示す説明図である。

【図7】本発明に従う内面溝付伝熱管の各種内面を示す展開図であって、(a)～(d)は、それぞれ、管内面上に形成されている傾斜溝の異なるパターンを模式的に示す説明図である。

【図8】本発明に従う内面溝付伝熱管を製造するための圧延・造管装置を概略的に示す説明図である。

【図9】実施例における伝熱性能試験を説明する図であって、(a)は伝熱管の伝熱性能を測定する試験装置を概略的に示す説明図であり、(b)はそのような試験装置における伝熱管の配置構成を示す説明図である。

【図10】実施例において得られた、本発明例と比較例に係る伝熱管の管内熱伝達比—管内圧力損失比線図である。

【符号の説明】

10	内面溝付伝熱管	12	傾斜溝
14	ストレート溝	16	仮想面
18a	左側半面	18b	右側半面
22	仮想境界線	24	軸方向溝
30	圧延加工・造管装置	32	帯板
34	ガイドロール	36	圧延口
38	支持ロール		

17

18

40、42、44、46、48、50、52、54、5

誘導コイル

## 6 成形ロール

60 管体

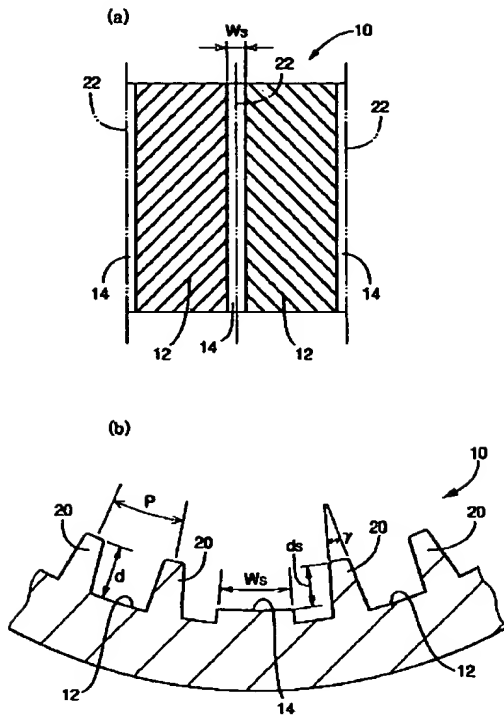
62 スクイ

57 シームガイドロール

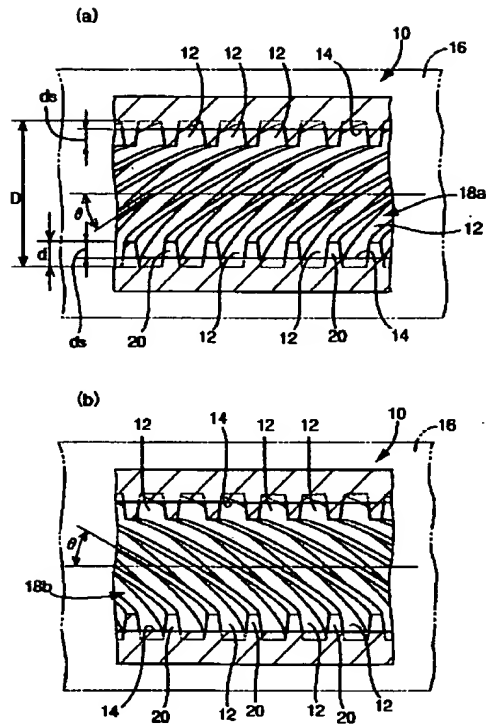
58 高周波

ズロール

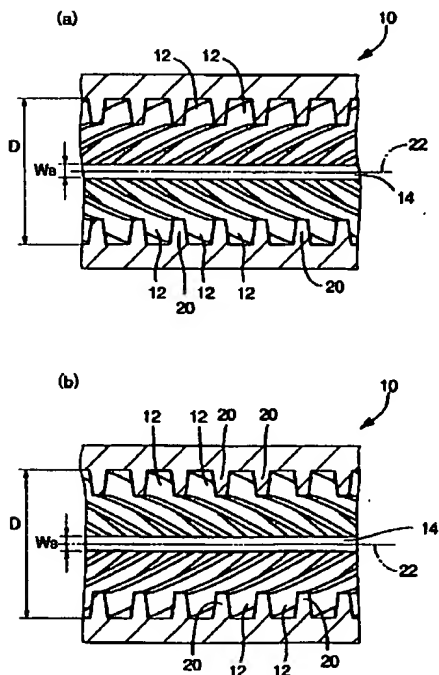
【 1】



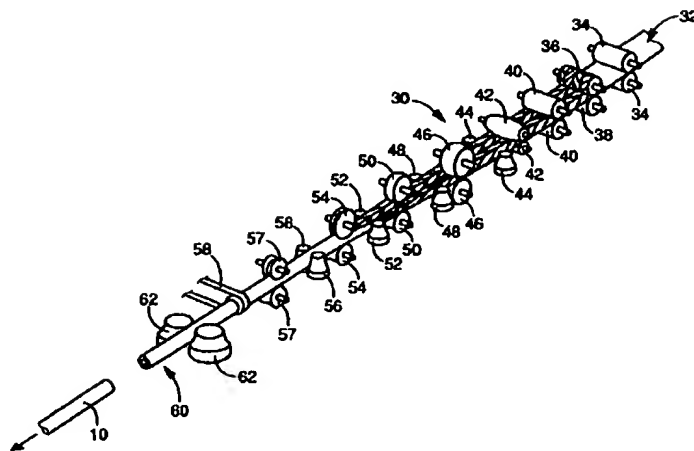
【図2】



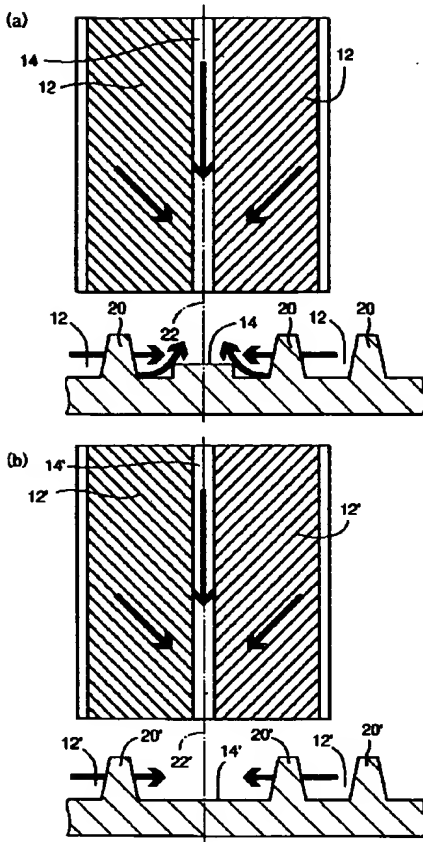
【図3】



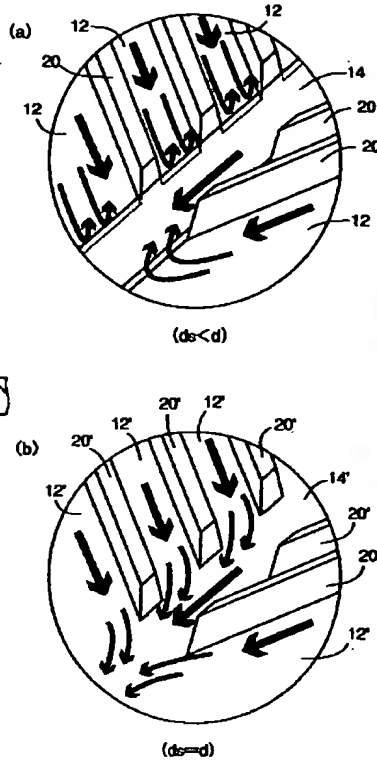
【図8】



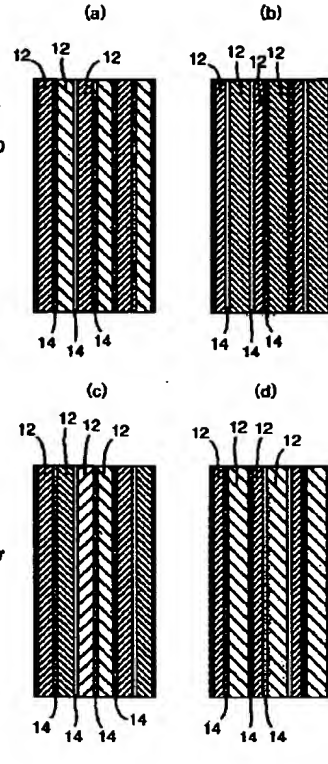
【図4】



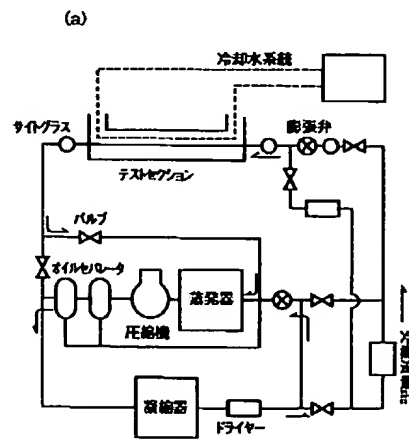
【図5】



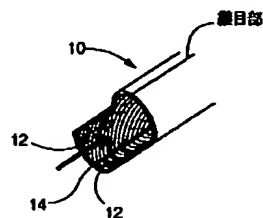
【図6】



【図9】



(b)





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**